

Relatório de Estudo Sobre Contraste

Luis Eduardo Berteli, Yuji Yamada Correa

¹ Departamento de Ciência da Computação
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Joinville, SC – Brasil

1. Introdução

Neste trabalho, exploramos a técnica de equalização de histograma em imagens em tons de cinza e coloridas, utilizando janelas deslizantes. A equalização de histograma é um processo que ajusta a distribuição dos tons de cinza em uma imagem para torná-la mais uniforme, o que pode melhorar a qualidade visual da imagem e facilitar sua análise. Para isso, avaliamos algumas métricas importantes das imagens em tons de cinza, como média, variância e entropia. Essas métricas nos ajudam a entender melhor as características das imagens e como elas podem ser melhoradas por meio da equalização de histograma. Além disso, implementamos um algoritmo que realiza a equalização usando janelas deslizantes e aplicamos nas imagens selecionadas para o estudo. Isso nos permitiu comparar os resultados da equalização usando janelas deslizantes com a equalização global do histograma. Também abordamos a questão da equalização em imagens coloridas, que requer uma transformação da imagem RGB para YIQ antes da equalização do canal Y.

Este trabalho está dividido da seguinte maneira. A Seção 2 traz a fundamentação teórica. A Seção 3 apresenta a etapa experimental. Enquanto a Seção 4 mostra a análise de resultados. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais.

2. Fundamentação

Na primeira parte do trabalho, é necessário identificar a média, variância e entropia de imagens. Para isso, considera-se uma imagem com $n = M \times N$ pixels, em que $f(m, n)$ representa o nível de tom de cinza do pixel na posição (m, n) . A média da imagem pode ser calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\mu_f = \frac{1}{M * N} * \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \quad (1)$$

A partir da média μ_f , é possível calcular a variância da imagem utilizando a fórmula:

$$\sigma_f^2 = \frac{1}{M * N} * \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} (f(m, n) - \mu_f)^2 \quad (2)$$

Para calcular a entropia da imagem, é necessário utilizar a probabilidade de um pixel assumir um valor i , em que i varia de 0 a L_{max} . Essa probabilidade pode ser calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$p_i = \frac{n_i}{n} \quad (3)$$

A entropia da imagem pode ser calculada a partir da quantidade de pixels n_i com intensidade i . Para isso, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$H = - \sum_{i=0}^{L_{max}} p_i \log(p_i) \quad (4)$$

O histograma de uma imagem indica a frequência com que cada tom de cinza aparece na imagem. Para equalizar o histograma da imagem, é possível utilizar o seguinte algoritmo:

Para converter uma imagem do espaço de cores RGB para o espaço de cores YIQ, é necessário aplicar a seguinte transformação em cada pixel da imagem:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (5)$$

Para converter uma imagem do espaço de cores YIQ para o espaço de cores RGB, basta aplicar a operação inversa da transformação utilizada na conversão de RGB para YIQ:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.106 & 1.703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (6)$$

3. Etapa Experimental

A primeira tarefa da etapa experimental consiste em calcular a média, variância e entropia das imagens figuraClara.jpg, figuraEscura.jpg e lena.pgm.

Já a segunda tarefa requer a implementação de um código em Python para realizar a equalização de histograma de uma imagem. No início, foi utilizado um algoritmo de equalização global, porém os resultados não foram satisfatórios. Como solução, a abordagem foi alterada para o uso de janelas deslizantes. O programa carrega a imagem e adiciona uma borda com 1 pixel de largura. Em seguida, o programa itera sobre cada pixel da imagem, excluindo aqueles da borda. Para cada pixel, é gerado um histograma dos pixels dentro da janela deslizante, que é então transformado em uma lista de probabilidades acumuladas. Com essa lista, é possível criar a função de transformação, que é usada para mapear o pixel atual para um pixel equalizado. Esse pixel equalizado é então adicionado na imagem de saída. O código foi testado com as imagens figuraClara.jpg, figuraEscura.jpg, marilyn.jpg e xadrez_lowCont.png.

Por fim a terceira etapa experimental consiste em utilizar os algoritmos de equalização criados anteriormente para equalizar as imagens outono.LC.png e predios.jpeg. Uma abordagem possível é separar os canais RGB da imagem e equalizar cada canal. No entanto, essa abordagem pode criar cores que não existiam na imagem original, devido à alta correlação dos canais RGB. Por isso, é necessário converter a imagem para canais YIQ, equalizar apenas o canal Y (canal de luminosidade) e depois converter

de volta para RGB. Essa conversão foi realizada de duas maneiras: utilizando a função *skimage()* e a matriz de conversão $YIQ \rightarrow RGB$. Ambas as abordagens foram executadas para fins de comparação utilizando as imagens mencionadas.

4. Análise de Resultados

A seguir, apresentamos os resultados obtidos na primeira parte da etapa experimental para cada imagem:

- **figuraClara.jpg**

Média = 252.06378538951932

Variância = 17.673758398549605

Entropia = 2.2203148710276888

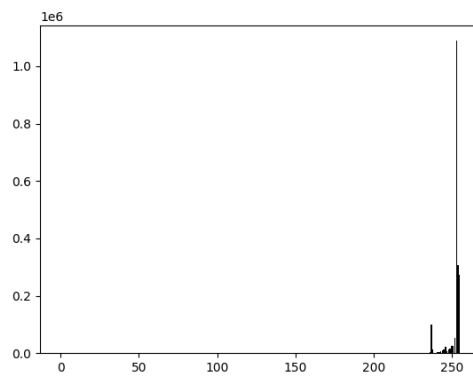


Figure 1. Histograma da imagem figuraClara.jpg

- **figuraEscura.jpg**

Média = 15.06361587097217

Variância = 17.622373495638698

Entropia = 2.2180352827118295

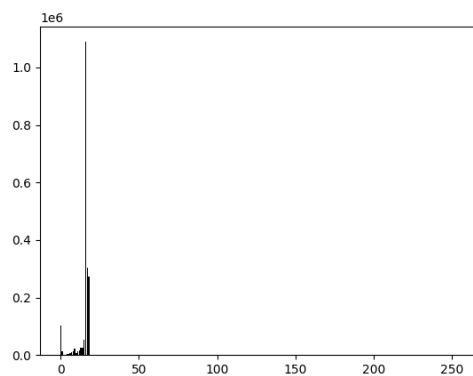


Figure 2. Histograma da imagem figuraEscura.jpg

- **lena.pgm**

Média = 123.69227981567383

Variância = 2290.2939000533356

Entropia = 7.445526095793026

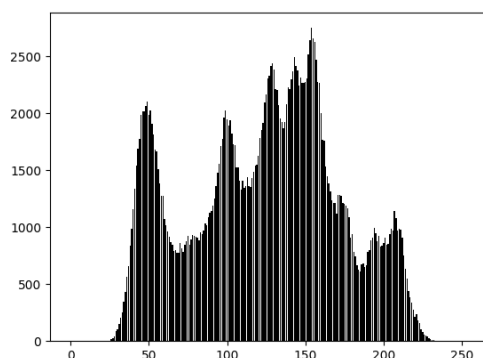


Figure 3. Histograma da imagem lena.pgm

Podemos observar que a média de intensidade dos pixels na imagem figuraClara é muito maior do que a média na imagem figuraEscura. Isso significa que a imagem clara tem mais pixels brancos do que a imagem escura. Além disso, você pode notar que a variância das duas primeiras imagens é semelhante, mas a entropia é ligeiramente diferente. Isso sugere que a distribuição de tons de cinza é semelhante em ambas as imagens. Essas 2 imagens são de baixo contraste, devido a isso apresentam menores valores de variância e entropia e os valores no histograma estavam mais agrupados.

Na imagem lena, de alto contraste, pudemos constatar uma média de intensidade intermediária em comparação com as outras imagens, isso sugere que a imagem tem distribuição mais ampla de tons de cinza e os valores no histograma estavam mais dispersos.

Os resultados a seguir foram obtidos a partir do processo de equalização utilizando janelas deslizantes na segunda tarefa: Os resultados de cada imagem foram obtidos a partir do processo de equalização utilizando janelas deslizantes. Os resultados referentes a imagem figuraClara.jpg são apresentados nas Figuras 4, 5, 6 e 7. Os resultados referentes a imagem figuraEscura.jpg são apresentados nas Figuras 8, 9, 10 e 11. Já os resultados referentes a imagem marilyn.jpg são apresentados nas Figuras 12, 13, 14 e 15. Por fim os resultados referentes a imagem xadrez_lowCont.jpg são apresentados nas Figuras 16, 17, 18 e 19.

Foi constatado que o processo de equalização utilizando uma janela deslizante apresentou o melhor resultado nas imagens figuraEscura e figuraClara. O algoritmo foi capaz de revelar o conteúdo da imagem que anteriormente era difícil de ser visualizado. No entanto, na imagem marilyn.jpg, o processo de equalização não obteve um resultado tão satisfatório, gerando vários artefatos e dificultando a leitura de textos. A imagem xadrez_lowCont resultou em imagens com qualidade satisfatória, mas não atingiu as ex-



Figure 4. Imagem figuraClara.jpg antes de ser processada

Nome	Tamanho	Data	Extensão
figuraClara.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEscura.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLowCont.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraMarilyn.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraOutono.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraPrimavera.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraVerão.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraInverno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinha.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraRetangulo.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculo.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTriangulo.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadrado.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrela.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracao.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRetta.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurva.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCirculoInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraTrianguloInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraQuadradoInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraEstrelaInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraCoracaoInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaRettaInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaExternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInternoExternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInternoExternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInternoInternoExterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg
figuraLinhaCurvaInternoInternoInterno.jpg	1024x768	20/08/2014	jpg

Figure 5. Imagem figuraClara.jpg depois de ser processada

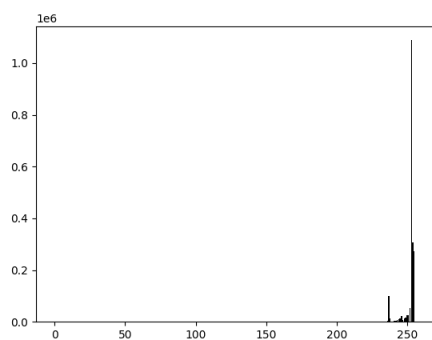


Figure 6. Histograma da imagem figuraClara.jpg antes de ser processada

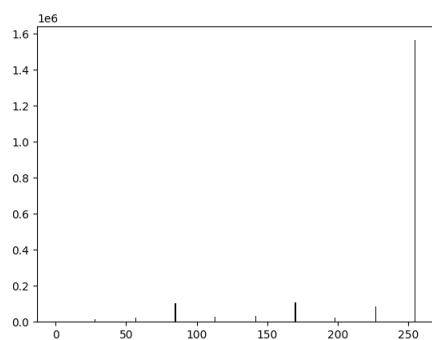


Figure 7. Histograma da imagem figuraClara.jpg depois de ser processada

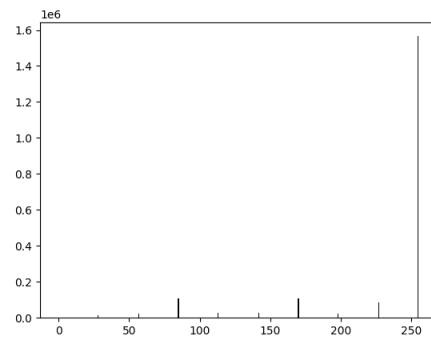
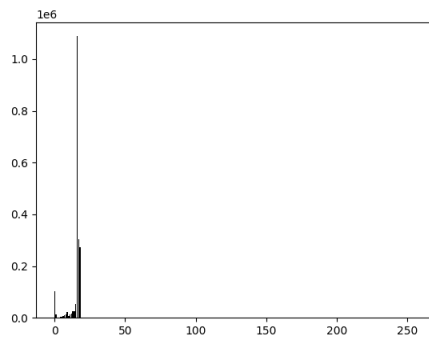
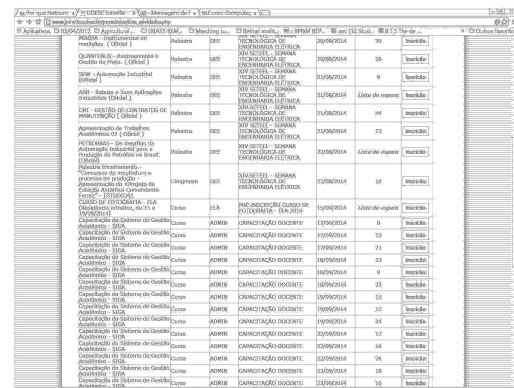
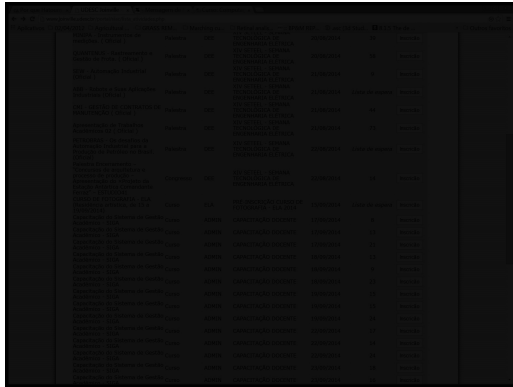
pectativas. Em todas as quatro imagens, o algoritmo foi capaz de distribuir os valores do histograma da imagem de saída.

Podemos perceber novamente que nas imagens de baixo contraste como a figuraEscura, figuraClara e xadrez_LowCont o histograma apresentou valores mais agrupados e na imagem de alto contraste marilyn os valores estavam mais dispersos. A apresentação dos histogramas após a aplicação da equação mostra que os valores estão um pouco mais dispersos em algumas faixas estreitas ao longo do gráfico, não é exatamente o esperado, que deveria ser distribuído uniformemente ao longo do gráfico.

Por último, foi implementada a equalização de imagens coloridas. Os resultados referentes a imagem outono.LC.png são apresentados nas Figuras 20, 21, 22 e 23. Enquanto para a imagem outono.LC.png os resultados referentes são apresentados nas Figuras 24, 25, 26 e 27.

Para essas soluções foram desenvolvidas com base no algoritmo anterior de equalização de contraste em janelas deslizantes.

No primeiro caso foi feita a equalização de contraste diretamente sobre os canais RGB da imagem, podemos perceber o aparecimento de cores que antes não estavam pre-



sentes na imagem pois os canais RGB são fortemente correlacionados, gerando uma imagem de certa forma um pouco saturadas e com algumas anomalias de cor.

Para os 2 próximos casos foi feita equalização pelo canal Y, que se refere a característica acromica da imagem, ou seja, indica a intensidade da informação crômica descrita no referido pixel. O segundo algoritmo foi feito utilizando a biblioteca skimage para converter a imagem RGB para YIQ e o terceiro utilizando uma matriz de transformação. Ambos apresentaram resultados bem similares, o procedimento realizado converte a imagem RGB para YIQ e então isola o canal Y para tratamento. Sob a posse do canal Y o equalizamos e por fim substituímos na matriz descritora de imagem.

5. Conclusão

Imagens com baixo contraste apresentam histogramas com regiões mais concentradas de quantidades de tons de cinza em comparação com outras regiões do histograma. Além disso, elas possuem baixa variância de tons de cinza e menor entropia. Uma maneira eficiente de aumentar o contraste de uma imagem é equalizar o seu histograma usando uma janela deslizante, mas esse método pode não produzir resultados satisfatórios em imagens com mais detalhes. Para esses casos, a equalização global do histograma apresenta um

resultado melhor. Para equalizar imagens coloridas, foi necessário converter a imagem de RGB para YIQ e, em seguida, equalizar o canal Y. Se os canais RGB fossem equalizados individualmente, isso resultaria na aparição de cores que não estavam presentes na imagem original.

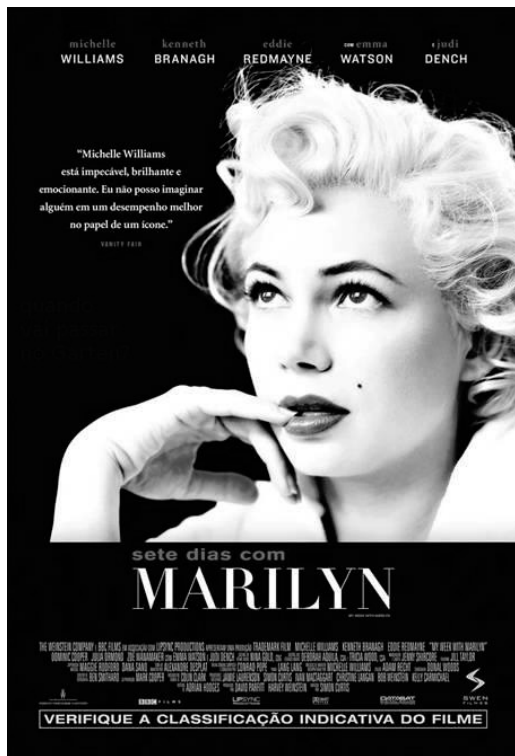


Figure 12. Imagem marilyn.jpg antes de ser processada



Figure 13. Imagem marilyn.jpg depois de ser processada

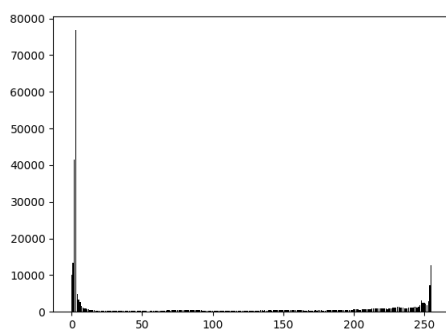


Figure 14. Histograma da imagem marilyn.jpg antes de ser processada

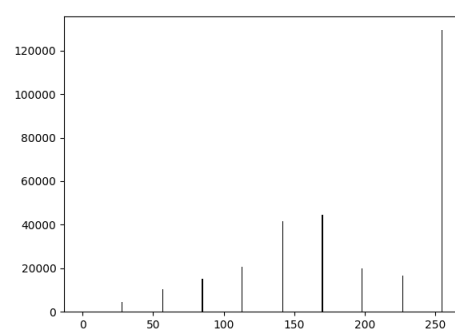


Figure 15. Histograma da imagem marilyn.jpg depois de ser processada



Figure 16. Imagem xadrez_lowCont.png antes de ser processada

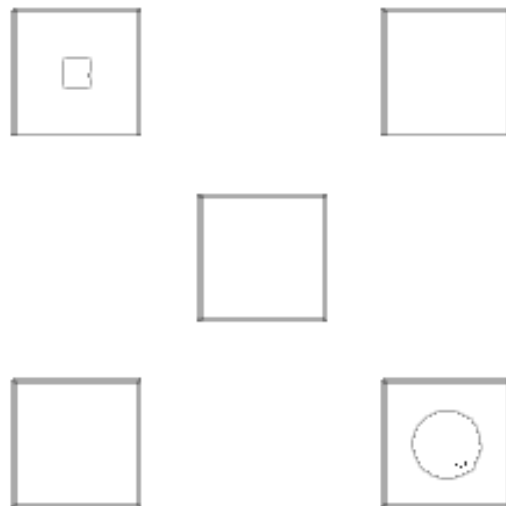


Figure 17. Imagem xadrez_lowCont.png depois de ser processada

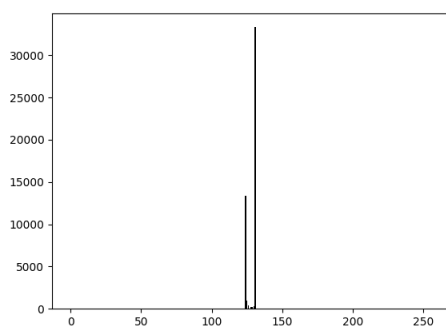


Figure 18. Histograma da imagem xadrez_lowCont.png antes de ser processada

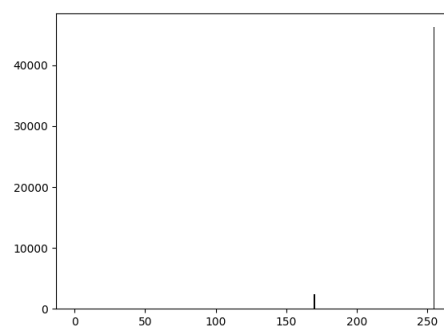


Figure 19. Histograma da imagem xadrez_lowCont.png depois de ser processada

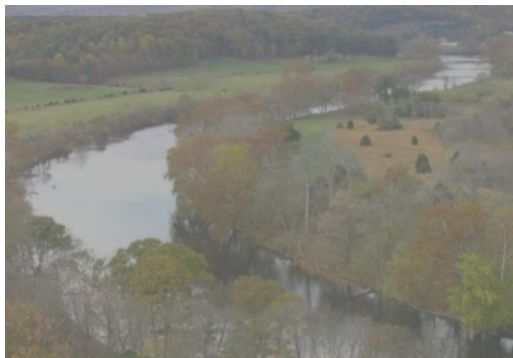


Figure 20. Imagem out-ono_LC.png antes de ser processada



Figure 21. Imagem out-ono_LC.png após ter seus canais RGB equalizados



Figure 22. Imagem out-ono_LC.png após ter o canal Y equalizado utilizando skimage()



Figure 23. Imagem out-ono_LC.png após ter o canal Y equalizado com a matriz de conversão



Figure 24. Imagem predios.jpeg antes de ser processada



Figure 25. Imagem predios.jpeg após ter seus canais RGB equalizados



Figure 26. Imagem predios.jpeg após ter o canal Y equalizado utilizando skimage()



Figure 27. Imagem predios.jpeg após ter o canal Y equalizado com a matriz de conversão